

# 誕生石の鉱物科学

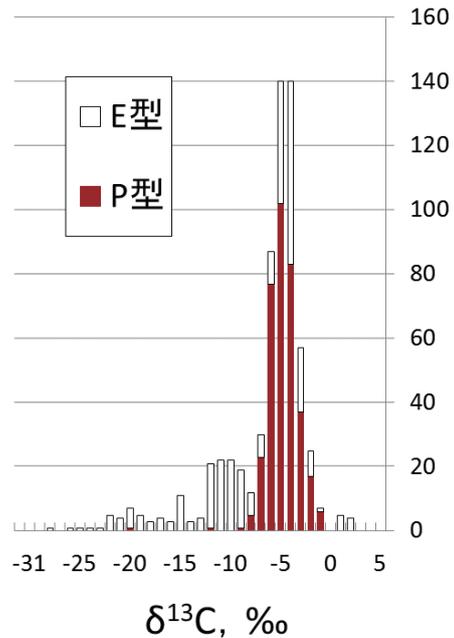
## — 4月 ダイヤモンド (2) —

奥山康子<sup>1)</sup>

4月の誕生石ダイヤモンドは極めて貴重な宝石であるだけでなく、普通は手の届かないマントルから直送される物質として地球科学のうえでも重要です。今回は、マントル鉱物を内部に包有する「高压容器」としてのお話をしました。今回はダイヤモンドの成分である炭素そのものを取り上げましょう。

固体地球の他の成分同様、生命にとってなくてはならない元素である炭素も、太陽系を作った始原的物質に含まれていました。その名残のような「炭素質コンドライト」という隕石だって存在します。集積した炭素の大部分はCO<sub>2</sub>として地球創成期の大气に抜け出したと考えられますが、一部はマントルなど地球深部に残っています。玄武岩に伴う火山ガスにCO<sub>2</sub>が多量に含まれることや、炭酸塩から成る火成岩であるカーボナタイトが存在することは、マントルがいまだに炭素のリザーバーであることを示しています。マントル内の炭素の地球化学的性質は、流体や生物のかかわる地球表層のプロセスの根源にあり、軽元素（水素、酸素、炭素など）の安定同位体の質量分析を研究手段とする同位体地球化学でも重視されています。

マントルの炭素を知るためには、何を調べればよいか—こう聞かれたら、多分誰もがダイヤモンドを調べればよいと答えるでしょう。言うは易く行うは難しというのはこのことで、分析にあたってはダイヤモンドを完全に燃焼させる必要があるがそれはそう簡単ではない（マッチで火をつけるようなわけにはいかない!）ということと、科学研究の試料としては高価なことがあげられます。それでも、同位体地球化学初期の研究でCraig (1953) は、南アフリカ、キンバリー鉱山産のダイヤモンド6点を分析し、それらが標準物質であるアメリカ、南カロライナ州の白亜紀Peedee層産のベレムナイト化石（※これを原点0と定義：和田・服部，2007）より1000分の5ほど、重い安定同位体<sup>13</sup>Cに乏しいことを見出しました。その後もダイヤモンドの大産地であるアフリカ南部の試料について研究が積み重なり、同じような結果が得られてきました。分析値はよ



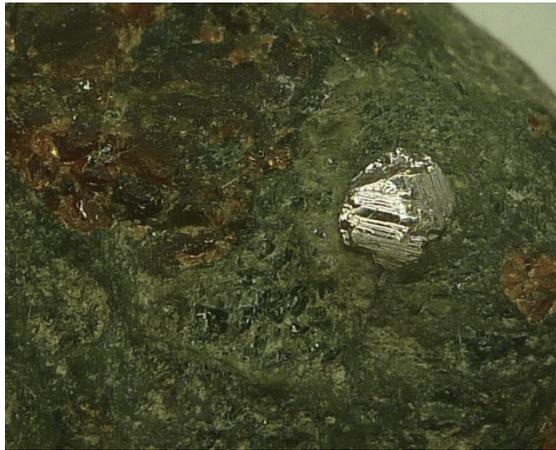
第1図 ダイヤモンドの炭素同位体比頻度分布. Sobolev et al. (1979) に基づき作図. P型・E型の区分については、本文を参照.

く集中し、私たち古い世代は「マントルは炭素同位体的には極めて均質、ダイヤモンドがその証拠」と教わったものでした。現在でもマントル・カーボンの値は、第0近似的には $\delta^{13}\text{C} = -5\%$ 程度とされます（炭素同位体比は質量数12と13の炭素の比率ですが、両者の天然での存在比は約99:1で、種々のプロセスで分別が行われたとしても変化はわずかです。このため同位体比は通常、標準物質での値0からの偏差として千分率（‰）で表し、炭素の場合は「 $\delta^{13}\text{C}$ 」と表記します）。

さて、マントルがいろいろな意味で不均質なことは今や常識です。ダイヤモンドの炭素同位体比も、例外ではありません。ダイヤモンドの産地が世界各国に広がるにつれ、測定数が増え、現在では第1図のような分布であるとされています。この図の-5‰を中心に立ち上がる鋭いピークが、古典的な値です。このピークはたしかに圧倒的ですが、全体の変動幅は+3から-30‰と相当に広いということが

1) 産総研 地圏資源環境研究部門

キーワード：宝石、誕生石、鉱物科学、ダイヤモンド、同位体地球化学、かんらん岩、エクロジャイト



第2図 エクロジャイト捕獲岩中のダイヤモンド結晶 (明色部).  
ロシア, Udachnaya 鉱山産. 画面横幅 = 約 1.5 cm.



第3図 「マクレ」と呼ばれる, 第2図で三角形に見える面の発達する双晶を利用した, ファンシーカット・ダイヤモンド. 合計 0.48 カラット.

できます. 特に -5‰ 付近に立ち上がる濃色のバーの左側 (同位体的に軽い側) に, 測定値がだらだら分布するのが目を引きます.

同位体的に軽い炭素の起源として真っ先に考えられるのは, 有機物すなわち生物体です. 炭素同位体比にして -10 から -30‰ という値は, 生物体の有機物の炭素同位体比に重なります (和田・服部, 2007).

実は第1図のダイヤモンドでは, 濃色のバーで示す主流派と白抜きのバーで示すその他派で成因をうかがわせる様相が違っているのです. 図で「P型」とする主流派のダイヤモンドは, かんらん岩捕獲岩に伴ったり, 結晶内部にかんらん石や斜方輝石といったかんらん岩を構成する鉱物を包有します. 一方同位体的に軽い「E型」とするダイヤモンドは, エクロジャイト捕獲岩に産したり (第2図), 内部にオンファス輝石や藍晶石などエクロジャイトを構成する鉱物を包有します. いうまでもなくエクロジャイトは, 玄武岩の組成を持つ高压変成岩です.

同位体的に軽いダイヤモンドがエクロジャイトに縁がありそうなことから, 地表からマントルに至るプレート・テクトニクスに沿った炭素循環が思い起こされます. 沈み込む海洋プレートは, 上に載せた堆積物をマントル内に運び込みます. 沈み込み口付近には陸側からもたらされた堆積物もあり, それには生物起源のものが含まれるでしょう. 生物起源の堆積物がプレートと一緒にマントルに沈み込めば, 海洋プレートの玄武岩がエクロジャイトになるように炭素はダイヤモンドに変化するでしょう. そのようなダイヤモンドには, エクロジャイト的な鉱物が包み込まれることもあるでしょう. それらが上昇するキンバレー岩マグマに取り込まれ, E型ダイヤモンドとして認められたのではないのでしょうか?

このようなダイヤモンド成因論は, 専門の世界で真面目に検討されている説の1つです. 積極的に支持する意見もあれば, 別の解釈もあります. 同位体データに基づく議論に限定すると, おもしろいことに, 包有鉱物の酸素および硫黄同位体比のデータは沈み込み起源炭素からのダイヤモンド生成を支持するが, 一方でダイヤモンドにとって最大の不純物である窒素の同位体データはこの見方と調和的ではないようです (Cartigny, 2004). 今後, 地球深部を含めた全地球的炭素循環が解明されていく中で, より詳しく研究が進むことを期待しましょう. ダイヤモンドは本当に謎の多い, 魅惑的な地球物質です (第3図).

最後に, 2013年8月号の記事について訂正を致したいと思います. 記事ではつくば隕石の落下の日を1月6日としましたが, 1月7日の誤りでした. 訂正するとともにお詫びいたします.

## 文 献

- Cartigny, C. (2004) Stable isotopes and the origin of diamond. *Elements*, **1**, 79-84.
- Craig, H. (1953) The geochemistry of the stable carbon isotopes. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **3**, 53-92.
- Sobolev, N. V., Galomov, E. M., Ivanovskaya, I. N. and Yefimova, E. S. (1979) Isotope composition of carbon in diamonds containing crystalline inclusions. *Doklady Akademy Nauk SSSR*, **249**, 1217-1220.
- 和田秀樹・服部陽子 (2007) 同位体地球化学. シュプリンガー・ジャパン, 東京, 383p. (原著: Hoefs, J., 2004, Stable isotope geochemistry, 5<sup>th</sup> ed.)

OKUYAMA Yasuko (2014) Mineralogical science of birthstones — April: Diamond, part2 —.

(受付: 2014年2月5日)